:文章编号:1004 -4574(2012)01 -0211 -05

川南鲁班山矿瓦斯地质系统

朱志敏,周家云,罗丽萍

(中国地质科学院 矿产综合利用研究所,四川 成都 610041)

摘 要:鲁班山矿是我国西南地区重要的大型矿山,属于高瓦斯矿。应用瓦斯地质系统理论,对鲁班山矿煤层瓦斯的生成、储集和保存地质条件和作用进行了研究。研究表明,地质构造、煤层厚度、煤层埋藏深度、煤层顶底板岩性、煤变质程度和煤中水份等是影响鲁班山矿瓦斯赋存的主要地质因素。瓦斯灾害预测应注意这些地质因素,尤其要重视各项地质因素的组合效应。

关键词:瓦斯地质系统; 地质构造; 鲁班山矿; 川南
中图分类号:P624.8 文献标志码:A

Gas geology system of Lubanshan coal-mine, southern Sichuan

ZHU Zhimin, ZHOU Jiayun, LUO Liping

(Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, Chinese Academy of Geology Sciences, Chengdu 610041, China)

Abstract: Lubanshan coalmine is a large and high-gas mine in southwest China. Using gas geology system theory, we investigated the formation, reservoir, and conservation of gas. The results show that, geological structure, coal seam thickness, buried depth of coal seam, lithology of roof and floor, grade of coal metamorphism, and water content of coal are the main geological factors to influence the existence of gas in Lubanshan coalmine. So, for the prediction of the gas disaster, attention should be paid to these geological factors, especially the combination of these factors.

Key words: gas geology system; geological structure; Lubanshan coal-mine; southern Sichuan

我国是世界第一产煤大国,2008年煤炭产量达27.16亿t,占世界总产量的40%。然而,由于我国煤炭赋存较深,95%的煤矿是地下开采,加之地质条件复杂,瓦斯事故时有发生。目前,瓦斯已成为我国煤矿的主要灾害。经过前人大量的研究[1-2],认识到瓦斯地质研究是预防煤矿瓦斯灾害的基础和前提。以往的研究主要集中在宏观、单因素、定性和静态描述等方面,少见系统、综合、动态的研究。同时,面对海量的信息,人们认识到煤矿中瓦斯的生成、运移、赋存、保存及灾害发生等环节之间有着密不可分的关系,其中每个环节都影响着整个过程的动力学演化。因此,瓦斯灾害地质研究的发展趋势是研究地质因素和作用如何控制瓦斯赋存,瓦斯赋存、地质因素和作用与瓦斯灾害的定量化关系及相互耦合关系,预测和建立瓦斯富集区模型。其中,来源于煤层气生成、储集、保存系统理论的瓦斯地质系统作为一种定性和定量结合的思想,为瓦斯地质研究提供了新的思路和方法,提供了一套瓦斯地质研究新的程序和框架,并将瓦斯地质系统的基本地质因素和作用有机联系起来,使这些单独事件及其相互关系的动态演化成为可能,成为瓦斯地质领域新的研究方向[3-4]。

鲁班山矿位于川南筠连矿区,是设计生产能力150 Mt/a的大型矿山。该矿+475 m标高以上的瓦斯含

收稿日期:2010-03-10; 修回日期:2010-11-13
基金项目:四川省社会公益项目(2007SGY039)
作者简介:朱志敏(1978-),男,工程师,博士,主要从事煤层气地质研究. E-mail: zhu-zhimin@163.com

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

量为10.03～15.21 m^3/t，+475 m标高以下的瓦斯含量为17.16～25.55 m^3/t，属于高瓦斯矿井。近年来，随着该矿开采水平的延深，瓦斯灾害成为矿山安全的首要问题。因此，本文应用瓦斯地质系统理论，以鲁班山矿为研究对象，分析瓦斯地质因素和作用，试图为瓦斯灾害预测提供一定依据。

1 地质概况

筠连矿区位于扬子地台滇黔褶皱区娄山褶皱带北缘，东西两侧分别与川黔、川滇南北向构造带相邻，区内主要包括东西向、南北向、北东向和北西向构造。区内地层包括寒武系、奥陶系、志留系、二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系和第四系，其中二叠系和三叠系分布最广。区内岩浆岩仅见二叠纪峨眉山玄武岩下伏于宣威组含煤岩系。

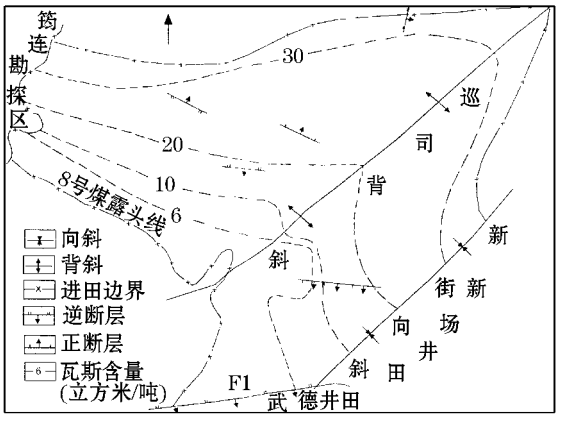


图1 鲁班山井田8号煤瓦斯地质图

Fig. 1 Gas geologic map of No. 8 coal seam in Lubanshan coal-mine

鲁班山矿位于筠连矿区中部，面积32 km^2，巡司背斜从中部通过，内部构造简单，较大断层均分布于井田边界地区，内部仅受小断层影响(图1)。区内出露地层主要包括二叠系下统栖霞组、茅口组，上统峨眉山组、宣威组，三叠系飞仙关组、铜街子组、嘉陵江组、雷口坡组、须家河组及第四系。主要含煤地层是晚二叠宣威组，平均厚139.44 m，根据岩性和含煤特征分为上下两段：上段由砂岩、泥质岩、煤层及少量生物碎屑灰岩组成，为主含煤段，包括2号、3号、7号和8号共4层煤层，平均厚度42.72 m；下段底界为峨眉山组，不含可采煤层，以浅灰色泥质岩为主，次为砂岩类，含透镜状菱铁矿，平均厚度96.72 m。区内成煤期后未发生岩浆活动，仅宣威组沉积前有二叠纪玄武岩喷发。

2 煤层及瓦斯的生成

2.1 煤层

前人对筠连煤田沉积环境较为深入[5-6]，认为：晚二叠茅口组沉积期为碳酸盐浅海台地，沉积了茅口组灰岩；随着峨眉山玄武岩喷发形成玄武岩台地，大面积玄武岩风化为成煤植物提供了丰富的养料；而后，川黔地区开始大面积沉降，海水由东南侵入，宣威组下段沉积期本区为近海山前平原，形成了湖泊相和沼泽相为主的陆相砂泥岩沉积；进入宣威组上段沉积期，海侵加大，沉积了滨湖泄湖型－三角洲型含煤建造。

研究区可采煤层为4层，即2号、3号、7号和8号层煤，可采煤层总厚度6.03 m，其中以3号、8号煤为主要可采层，其他2层局部可采。各可采煤层的煤层特征如表1。2号、3号煤层为单一煤层，煤层结构简单，宏观煤岩类型为暗淡型－暗淡型；7号煤层以单一和双层结构为主，宏观煤岩类型为暗淡型－暗淡型；8号煤层多为3个分层，上分层为暗淡型，中分层为半亮型，下分层为光亮型。有机显微组分以镜质组为主，惰质组次之，壳质组最少。

2.2 煤层的埋藏与生气史

研究区煤层经历了6个演化阶段[7]：

阶段1：为初次沉降阶段，从晚二叠世至中三叠世末期，研究区处于持续下降阶段，煤系之上连续沉积了厚度较大碳酸盐地层，煤层深埋于地下，最大埋深达1 400 m左右，古地温70℃，煤层镜质体反射率0.65%

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

左右,此时热演化程度低,故此阶段煤层生烃有限;

阶段 2: 为初次隆升阶段,中 - 晚三叠世,研究区煤层一度抬升,使得煤化作用停止,但由于抬升幅度和时间有限,因此对煤层的保存无实质性影响;

阶段 3: 为第 2 次沉降阶段,从晚三叠世至晚侏罗世,由于早燕山运动的影响,研究区地层持续沉降,接受陆相碎屑沉积,埋藏深度达到 4 000 m,古地温增高到 90 ~ 180℃,煤层演化达到焦煤级,煤层大量生烃;

阶段 4: 为稳定阶段,从晚侏罗世至晚白垩世,煤层埋深保持在 4 000 m 左右,煤层进一步演化变质达到瘦煤和贫煤级;

阶段 5: 为第 3 次沉降阶段,主要发生于晚白垩世,煤层埋深达到 5 000 m ~ 5 500 m,古低温增加到 200 ~ 210℃,煤化作用不断加深,煤层演化达到无烟煤级,煤层中生成大量甲烷;

阶段 6: 为再次隆升剥蚀阶段,受强烈的喜马拉雅运动影响全面褶皱回返,形成现今煤层保存状态。

根据煤田钻孔测温资料,研究区地温的分布与背斜的展布形态大体一致,地温均是因煤层埋藏深度增大而自然增温,无地热异常增温。因此,煤层瓦斯的生成均是由于煤层的埋藏变质增温所致,为热成因瓦斯。

表 1　鲁班山矿煤层特征

Table 1　Characteristics of coal seams in Lubanshan coal-mine

层位	宏观煤岩类型	煤层厚度/m			煤层间距/m			灰分/%	硫分/%	挥发份/%	水份/%
		最大	最小	平均	最大	最小	平均				
2	暗淡型	3.13	0.15	1.00	10.73	1.39	4.95	35.85	0.48	6.26	1.78
3	半暗型	2.52	0.00	1.06	11.23	2.03	5.83	33.40	2.48	6.33	1.86
7	半暗 - 暗淡型	3.21	0.00	1.26	11.15	26.63	18.43	34.14	4.25	6.15	2.03
8	半亮 - 光亮型	6.08	1.44	3.70	13.82	0.08	3.70	26.79	4.03	6.20	2.13

2.3　煤层瓦斯含量和组分

研究区 4 层可采煤层瓦斯含量较高,其中 2 号和 8 号煤层甲烷含量高,+475 m 以上甲烷含量分别达到达到 15.21 m^3/t 和 13.56 m^3/t,+475 m 以下甲烷含量分别达到 21.1 m^3/t 和 25.55 m^3/t; 3 号和 7 号煤层甲烷含量相当,+475 m 以上甲烷含量分别达到达到 10.03 m^3/t 和 10.97 m^3/t,+475 m 以下甲烷含量分别达到 19.28 m^3/t 和 20.05 m^3/t; 比较 +475 m 上下的甲烷含量,表明甲烷含量随深度加大而加大。各煤层瓦斯的主要成分为甲烷,其次是氮气,二氧化碳很少,不含重烃(表 2) ,随深度增加瓦斯中甲烷增加、氮气减少。

表 2　鲁班山矿煤层瓦斯含量和组分

Table 2　Content and composition of gas of coal seams in Lubanshan coal-mine

层位	甲烷含量/($m^3 \cdot t^{-1}$)			组分/%						CO_2
	+475 m 以上	+475 m 以下	平均	甲烷			氮气			
				+475 m 以上	+475 m 以下	平均	+475 m 以上	+475 m 以下	平均	平均
2	15.21	21.10	13.73	41.95 ~ 96.86	96.15 ~ 96.46	96.49	2.58 ~ 57.92	2.91 ~ 3.61	3.03	0.48
3	10.03	19.28	13.22	54.54 ~ 97.64	大于 70	95.41	26.27 ~ 99.81	4.01 ~ 48.38	4.28	0.31
7	10.97	20.05	13.05	61.08 ~ 75.64	大于 80	94.18	大于 20	0 ~ 19.31	5.38	0.44
8	13.56	25.55	19.97	61.08 ~ 71.00	大于 80	95.69	31.15 ~ 70.86	0.96 ~ 25.42	3.77	0.54

3　瓦斯的储集与保存

3.1　瓦斯的储集

煤层瓦斯主要以吸附形式赋存于煤的微孔隙中,研究区煤层瓦斯最大吸附量 26.52 ~ 45.30 m^3/t,具有较强的吸附能力。煤层的渗透率是影响煤层瓦斯灾害的重要因素,通常渗透率低,瓦斯灾害严重。而影响煤层渗透率最重要的因素是煤层的割理。研究区各煤层以原生结构为主,少数破碎结构,仅井田边界断裂内有碎粒 - 糜棱结构; 8 号煤层割理较发育,2 号、3 号和 7 号这 3 层发育较差,可能跟宏观煤岩类型有关; 割理面大多微张,未见方解石充填; 面割理的裂隙面较为平整,连续性好,发育密度为 16 ~ 25 条/5 cm; 端割理以平

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

直状和阶梯状为主，发育密度为8～12条/5 cm；面割理切割端割理形成矩形网状割理组合。此外，井下见切穿整个煤层的构造裂隙，间距在0.6～1.2 m之间，裂隙内有方解石充填。因此，研究区割理发育相对较差，导致了煤层渗透率低，煤层瓦斯聚集后容易发生瓦斯灾害。

3.2 瓦斯的保存

构造升降运动可改变地层的温、压条件，打破原有煤层瓦斯吸附平衡，从而影响现今瓦斯的保存。如前所述，研究区古近纪以来，受喜马拉雅运动的影响煤层隆升很大（剥蚀量在4 300～4 800 m之间），煤层压力降低，煤层吸附性降低，煤层瓦斯大量解吸散失。但由于现今本区处于挤压作用为主的构造环境[8]，将会导致本区煤层较高的瓦斯储层压力，同时由于断裂构造以压性为主，断层封闭性好，对瓦斯起封闭作用，导致矿井瓦斯含量高。

研究区2号煤层顶底板均为黑色炭质泥岩和泥岩，3号煤层顶底板以砂岩类为主，局部有泥质岩，7号煤层顶底板主要为砂岩类或泥、砂岩类，8号煤层顶板为泥、砂岩类，底板以泥岩为主。2号，8号煤层顶底板封盖性强，3号，7号煤层顶底板封盖性较弱，影响了现今煤层瓦斯含量。

研究区水动力条件简单，煤系含水层主要为裂隙含水层，含水性较弱，水型为$NaCO_3$型[9]。据研究，$NaHCO_3$型煤系地层水是煤层气藏的存在的地下水标志[10]，因此研究区地下水型预示了瓦斯保存良好。由于后期构造抬升，并且研究区煤层及上覆岩层处于背斜构造上层，导致整个煤系及上覆岩石完整性差，广泛发育裂隙含水带，地表降水的下渗对向上扩散运移的瓦斯有一定封堵作用。煤系下伏峨眉山玄武岩为相对隔水层，导致煤系与下伏含水层无水动力联系。

研究区煤层形成以后无岩浆活动，因此瓦斯的生成和保存未受到岩浆活动的影响。

4 讨论与结论

通过上述瓦斯的生－储－保存条件综合制约，形成了研究区瓦斯的现今赋存状况（图1所示为8号煤层瓦斯地质图）。因此，地质条件的差异是影响瓦斯分布的最重要因素，这些地质因素包括：

地质构造：地质构造决定了煤中瓦斯的保存、富集和排放，还造成了煤体结构的破坏，降低了煤体强度。煤与瓦斯突出往往发生在因构造作用造成的瓦斯高赋存与煤体低强度叠加部位。研究区巡司背斜鞍部是应力集中区，瓦斯含量高；井田内压扭性断裂发育出，瓦斯含量也高。

煤层厚度：煤厚度越大，瓦斯含量越高，瓦斯突出的危险性越大。鲁班山矿8号煤层厚度最大，瓦斯含量最高。

煤层埋藏深度：该井田北部埋深最深，因此北部瓦斯含量也最高。

煤层顶底板岩性：煤层封盖层好可以减缓煤层气的散失而间接抑制煤层气的解吸。研究区2号和8号煤层封盖条件好，因此2号和8号煤层瓦斯含量大于3号和7号煤层。

煤变质程度：随变质程度增高，煤层生气能力增高。研究区煤层普遍已变质为无烟煤级，因此煤层生气能力均很大，导致4层煤瓦斯含量均超过10 m^3/t。

煤中水份：因随煤的水份含量增加，煤的湿度增加，煤聚集弹性应变能就会降低，永久应变能就增加，导致瓦斯突出的可能性减少。研究区煤中水份含量低（1.78%～2.13%），因此瓦斯突出的风险大。

瓦斯预测中，应注意以上地质因素对瓦斯的控制作用，尤其重视多项地质因素的叠合。

致谢：资料收集过程中得到四川煤田地质局徐锡惠总工程师、尹中山高级工程师及川煤鲁班山矿李益强工程师的大力帮助，俞启香教授审阅本文并提出诸多建设性意见，在此表示诚挚的谢意。

参考文献：

[1] 马丕梁，陈东科. 煤矿瓦斯灾害防治技术手册[M]. 北京：化学工业出版社，2007：1－458.
MA Piliang，CHEN Dongke. Technical Manual of Disaster Prevention and Control on Coal Mine Gas [M]. Beijing：Chemical Industry Press，2007：1－458.（in Chinese）

[2] 张振文，高永利，代凤红，等. 影响晓南矿未开采煤层瓦斯赋存的地质因素[J]. 煤炭学报，2007，32(9)：950－954.
ZHANG Zhenwen，GAO Yongli，DAI Fenghong，et al. The geologic agent affecting the gas occurrence of the coal seam unmined in Xiaonan coal mine [J]. Journal of China Coal Society，2007，32(9)：950－954.（in Chinese）

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[3] Ayers W B, Jr. Coalbed gas systems, reservoirs, and production and a review of contrasting cases from the san Juan and Powder River basin [J]. AAPG Bulletin, 2002, 86(11): 1853 – 1890.

[4] 朱志敏,沈冰,闫剑飞,等. 煤层气系统: 一种非常规含油气系统 [J]. 煤田地质与勘探, 2006,34(4): 30 – 33.
ZHU Zhimin, SHEN Bing, YAN Jianfei, et al. Coalbed methane system: an unconventional petroleum system [J]. Coal Geology & Exploration, 2006, 34(4): 30 – 33. (in Chinese)

[5] 汪为作. 四川筠连煤田晚二叠世煤系沉积特征及成因分析 [J]. 煤田地质与勘探, 1982, 10(4): 6 – 11.
WANG Weizuo. The depositional characteristic and genesis analysis of late Permian coal measure in Junlian coalfield, Sichuan [J]. Coal Geology & Exploration, 1982, 10(4): 6 – 11. (in Chinese)

[6] 张玉成. 四川盆地南部晚二叠世含煤地层沉积环境与聚煤规律 [M]. 贵州: 贵州科技出版社, 1993: 1 – 273.
ZHANG Yucheng. The Depositional Environment and Coal Accumulating Pattern of Late Permian Coal Bearing Stata of South Sichuan Basin [M]. Guizhou: Guizhou Science & Technology Publishing House, 1993: 1 – 273. (in Chinese)

[7] 杨俊杰, 裴锡古. 中国天然气地质学 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1996: 1 – 291.
YANG Junjie, PEI Xigu. The Geology of China Natural Gas [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1996: 1 – 291. (in Chinese)

[8] 胥子英. 四川筠连煤田沐爱勘探区构造特征的初步分析 [J]. 西安矿业学院学报, 1984, 4(2): 80 – 84.
XU Ziying. Preliminary analysis of structural features of Muai exploration region of Junlian coalfield, Sichuan [J]. Journal of Xi'an Mining Institute, 1984, 4(2): 80 – 84. (in Chinese)

[9] 杜蜀宾. 四川筠连煤田沐爱地区水化学特征研究 [J]. 西安矿业学院学报, 1994, 14(2): 139 – 144.
DU Shubin. Research on the water chemistry property of Junlian coalfield Muai area in Sichuan [J]. Journal of Xi'an Mining Institute, 1994, 14(2): 139 – 144. (in Chinese)

[10] Wayne A V. Geochemical signature of formation waters associated with coalbed methane [J]. AAPG Bulletin, 2003, 87(4): 667 – 676.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net